

6-5 宇宙プラズマ波動に関する 並列シミュレーション環境の構築

三宅研究室
0915034 永安 翔

1. はじめに

本研究室では、広帯域なスペクトルを持つ静電波動である BEN をはじめとする宇宙プラズマ波動のシミュレーションを行っている。宇宙プラズマ波動に関するシミュレーションでは、プラズマの分散性や波動粒子相互作用を取り扱うため、大規模なシミュレーションが必要となる。このような大規模シミュレーションを行うためには、まず高性能なスーパーコンピュータの利用が考えられるが、スーパーコンピュータは使用上の制約が多く、簡単に利用することはできない。また、スーパーコンピュータ上で実行するプログラムを開発するためにも並列シミュレーション環境が必要となる。本研究では、それらの問題の解決策として複数の市販 PC からなる PC クラスタを利用して宇宙プラズマ波動に関する並列シミュレーション環境の構築を行い、その並列化効率を検討する。

2. PC クラスタ

PC を複数接続し、大容量かつ高速処理を実現したコンピュータのシステムを PC クラスタと呼ぶ。本研究では市販 PC 4 台からなる PC クラスタを構成した。各 PC の CPU 周波数は 3.2GHz (Intel Core i7 3930K)、メモリは 64Gbyte であり、並列化用通信ライブラリとして MPI を用いた。図 1 は PC クラスタの構成図を示しており、上部のネットワークは計算 PC (node) 間で計算時のデータ交換を行う専用回線である。下部のネットワークは計算 PC 間でデータやプログラムを共有し、更に PC クラスタと外部ネットワークを結ぶ回線である。

3. 並列シミュレーション効率

並列シミュレーションの効率を検証するために、本研究室で宇宙プラズマ波動に関するシミュレーションに用いられている 2 次元静電粒子コード (kuES2) を並列化してテストシミュレーションを行った。並列化の手法として、スレッド並列、マシン並列、これら 2 つを組み合わせ合わせたハイブリッド並列の 3 つのパターンについて検証を行った。本研究では、並列化効率におけるシミュレーションのサイズや繰り返し計算回数

の影響を確認するために、粒子数 (シミュレーションサイズ) と nstep (繰り返し計算回数) を変化させてテストシミュレーションを行った。

スレッド並列において 1, 2, 4, 6, 8, 12 スレッドで処理速度を比較したものを図 2 に示す。横軸がスレッド数、縦軸が速度、直線は理論上の最高速度を示したものである。グラフから 6 スレッドまではスレッド数と速度がほぼ比例し、6 スレッドを越えると比例しなくなり、また 8 スレッドの時は 4 スレッド、12 スレッドの時は 6 スレッドの場合とほぼ等しい速度であることがわかる。本研究で構築した PC クラスタは 6 Core の CPU を用いており、ハイパースレッディングにより 12 スレッドになっているが、このテストシミュレーションにおいてハイパースレッディングが有効に働いていないと考えられる。一方、マシン並列においては、4 台並列した場合に 3.4 倍程度と高い並列化効率を示した。ハイブリッド並列では 6 スレッドを 4 台並列化した場合は約 15 倍、また 12 スレッドを 4 台並列化した場合は約 18 倍の処理速度を実現することができた。

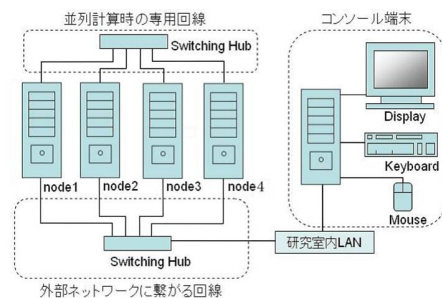


図 1: PC クラスタの構成図

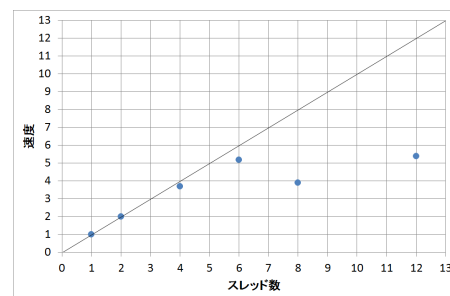


図 2: スレッド並列における処理速度